Agricultural Economics and Development

Vol. 34, No. 134, Summer 2026

Research Paper

Investigating the Relationship between Environmental Hazards and Human Development Index: Comparative Study of Developed Countries, Net Food Exporters, and Net Food Importers

K. Navabi Zand [1], M. Damankeshideh [2], R. Seifipour [3], A. Keyghobadi [4]

Received: 25 April, 2026 Accepted: 24 July, 2026

Introduction: Over recent decades, climate change and environmental degradation have become major challenges to sustainable development and human well-being. Rising temperatures, more frequent high and low temperature extremes, changing precipitation patterns, and recurrent environmental shocks have altered production systems, labor productivity, and public expenditures across countries. Simultaneously, air pollution (particularly, exposure to particulate matter and ground-level ozone) has increased the disease burden, premature death, and associated welfare costs, creating substantial economic and social pressures. Consequently, the relationship between environmental risks and human development has become a central concern for both researchers and policymakers. Despite their advanced institutional capacity, developed countries remain vulnerable to environmental shocks. Climate-related hazards and air pollution continue to reduce labor productivity, increase health expenditures, and weaken social welfare. However, these effects are not uniform across countries. Differences in economic structure (particularly, between net food-exporting and net food-importing economies) shape the transmission of environmental shocks. While the exporters are generally more exposed to climate-induced disruptions in agricultural production, the importers tend to be

1. Ph.D. Student, Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Corresponding Author and Associate Professor, Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran (m.damankeshideh@iau.ac.ir).
3. Associate Professor, Department of Economics, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Associate Professor, Department of Industrial Management, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

DOI: 10.30490/aead.2026.367639.1735

more vulnerable to disruptions in global food supply chains. Because conventional economic indicators cannot adequately reflect the health and welfare consequences of environmental risks, Human Development Index (HDI), which integrates health, education, and income dimensions, provides a more comprehensive framework for assessing the long-term effects of environmental pressures on human capital and sustainable development.

Materials and Methods: This study aimed at analyzing 41 developed countries (20 net food exporters and 21 net food importers) over the 2010-2019 period. A single empirical model was estimated to examine the effects of environmental health risks on the growth rate of HDI. The model included welfare costs of premature deaths attributed to high and low temperatures and ambient particulate matter and ozone, disease burden (DALYs), mean annual temperature change, emissions from fossil fuel combustion, environmental protection expenditure, environmental taxes, and out-of-pocket health expenditure. Except for mean annual temperature change, all variables were expressed as growth rates. After diagnostic tests, including the second-generation CIPS unit root test, multicollinearity, and cross-sectional dependence, the final specification was estimated using fixed effects with Panel EGLS and Panel-Corrected Standard Errors (PCSE) in EViews 12 and R, providing robust estimates in the presence of heteroskedasticity and cross-sectional dependence.

Results and Discussion: The estimation results indicated that the environmental health risks were consistently associated with lower growth in HDI**,** although the magnitude of these relationships varied across country groups; higher growth in the welfare costs of premature death attributable to high and low temperatures and ambient particulate matter and ozone was negatively associated with HDI growth in all three samples, with relatively stronger relationships observed among net food-exporting countries; similarly, increases in the disease burden (DALYs) attributable to climate- and pollution-related hazards were associated with lower HDI growth, although their relative intensity differed across the full sample, net food exporters, and net food importers. The estimated coefficients further suggested that higher mean annual temperatures and rising emissions associated with fossil fuel combustion were negatively associated with HDI growth, indicating that persistent environmental pressures might be associated with a gradual erosion of human capital. By contrast, the environmental protection expenditure and out-of-pocket health expenditure exhibited positive associations with HDI growth, suggesting that greater investment in environmental protection and health might strengthen resilience to

environmental risks. Conversely, the growth of environmental taxes was associated with a modest short-term reduction in HDI growth, particularly among net food-exporting countries, reflecting possible adjustment costs during the transition toward greener production systems. Overall, the study findings suggested that the relationship between environmental risks and human development was conditioned by differences in countries' trade structures, highlighting the importance of differentiated environmental and health policies for net food-exporting and net food-importing economies.

Conclusion and Suggestions: The study findings implied that policy responses should reflect differences in countries' economic structures and food trade positions. For the net food-exporting countries, priority should be given to weather-indexed insurance, climate-resilient agricultural technologies, and stronger health systems to reduce the adverse consequences of environmental shocks on human capital. For the net food-importing countries, the policies aimed at diversifying food supply sources, maintaining strategic food reserves, and increasing environmental protection expenditure may strengthen resilience against external supply disruptions and pollution-related health risks. In addition, recycling revenues from environmental taxes into investments that improve energy efficiency and support cleaner production technologies may help mitigate their short-term adjustment costs while reinforcing long-term environmental objectives. More broadly, strengthening public health systems, environmental governance, and early-warning infrastructure can enhance countries' capacity to adapt to climate-related risks. Although this study focused on developed economies, its findings might also provide useful policy insights for countries such as Iran, where improving climate adaptation, environmental governance, and health resilience could contribute to safeguarding human development and supporting long-term economic sustainability.

Keywords: *Premature Death, Disease Burden, Welfare Cost, Food Security.*

JEL Classification: I15 , Q54 , Q56

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۴، شماره ۱۳۴، تابستان ۱۴۰۵

مقاله پژوهشی

بررسی رابطه میان مخاطرات زیست‌محیطی و شاخص توسعه انسانی: مطالعه تطبیقی کشورهای توسعه‌یافته، صادرکننده خالص و واردکننده خالص مواد غذایی

کامران نوابی زند[۱]، مرجان دامن‌کشیده[۲]، رؤیا سیفی‌پور[۳]، امیررضا کیقبادی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۲

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل پیوند میان مخاطرات زیست‌محیطی و نرخ رشد شاخص توسعه انسانی در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ برای ۴۱ کشور منتخب انجام شد. بدین منظور، با توجه به نقش ساختار تجاری مواد غذایی در انتقال آثار تکانه‌های محیطی، تفکیک کشورها به دو گروه صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی صورت گرفت. همچنین، برآورد مدل‌ها با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته پانلی (PEGLS)

۱- دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

۲- نویسنده مسئول و دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
(m.damankeshideh@iau.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

DOI: 10.30490/aead.2026.367639.1735

و تصحیح خطاهای استاندارد پانلی (PCSE) انجام شد. بدین ترتیب، نتایج نشان داد که نرخ رشد بار بیماری ناشی از بلایای طبیعی (گرما و سرمای شدید) و آلودگی محیط زیست (ذرات معلق و ازن محیطی)، به‌طور معنی‌دار، با کاهش نرخ رشد شاخص توسعه انسانی همراه بوده و همچنین، نرخ رشد هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس نیز اثر منفی و معنی‌ادار بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی داشته که شدت آن در کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی بیش از واردکنندگان و در واردکنندگان بیش از کل کشورهای مورد بررسی است؛ در مقابل، اثر منفی نرخ رشد بار بیماری در مجموعه کل کشورهای توسعه‌یافته شدیدتر از کشورهای صادرکننده و در کشورهای صادرکننده بیش از کشورهای واردکننده برآورد شده، که بیانگر تفاوت سازوکارهای انتقال تکانه‌های سلامت در سطوح مختلف تجمیع و ساختارهای اقتصادی است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که شدت اثر مخاطرات زیست‌محیطی بر توسعه انسانی به ویژگی‌های ساختاری، نهادی و جایگاه کشورها در تجارت مواد غذایی وابسته است. از این‌رو، بازچرخانی درآمدهای حاصل از مالیات‌های زیست‌محیطی، توسعه فناوری‌های کم‌کربن، تقویت نظام‌های سلامت و استقرار سامانه‌های هشدار سریع، همراه با سازگارسازی کشاورزی در کشورهای صادرکننده و تنوع‌بخشی به مبادی تأمین غذا در کشورهای واردکننده، می‌تواند تاب‌آوری توسعه انسانی را در برابر تکانه‌های اقلیمی و زیست‌محیطی افزایش دهد.

کلیدواژه‌ها: *مرگ‌ومیر زودرس، بار بیماری، هزینه رفاه، امنیت غذایی.*

طبقه‌بندی JEL : I15, Q54, Q56

مقدمه

طی دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و تخریب محیط زیست از سطح یک مسئله صرفاً بوم‌شناختی فراتر رفته و به یکی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه پایدار و رفاه انسانی تبدیل شده‌اند (IPCC, 2023). افزایش فراوانی و شدت رخدادهای حدی اقلیمی، از جمله موج‌های گرما و سرمای شدید، همراه با تشدید آلودگی‌های محیطی ناشی از ذرات معلق و ازن، نه‌تنها بر عملکرد نظام‌های طبیعی بلکه بر کارآیی نظام‌های اقتصادی، سلامت عمومی و ظرفیت توسعه کشورها نیز تأثیر گذاشته است (Lelieveld et al., 2015; Onofrei et al., 2022). شواهد جدید نشان می‌دهد که پیامدهای این مخاطرات صرفاً در قالب کاهش تولید یا اختلال در فعالیت‌های اقتصادی ظاهر نمی‌شود، بلکه مسیر بلندمدت توسعه را نیز از طریق کاهش کیفیت سرمایه انسانی، افزایش بار بیماری، تحمیل هزینه‌های رفاهی و کاهش بهره‌وری نیروی کار، دستخوش تغییر می‌سازد (Akram et al., 2022; Magida et al., 2025). اگرچه کشورهای توسعه‌یافته از ظرفیت‌های نهادی، زیرساختی و فناوری پیشرفته‌تر از سایر اقتصادها برخوردارند، اما این مزیت‌ها مصونیت کامل در برابر تکانه‌های اقلیمی و زیست‌محیطی ایجاد نمی‌کند. حتی در این کشورها نیز افزایش تنش‌های حرارتی، تشدید آلودگی هوا و پیامدهای سلامت‌محور ناشی از آنها بر نظام سلامت، بازار کار، بهره‌وری و رفاه اجتماعی فشار فزاینده

وارد کرده است (Adger, 2010; Gasparrini et al., 2015). از این‌رو، بخش قابل توجه ادبیات جدید توسعه بر این نکته تأکید دارد که ارزیابی آثار اقتصادی مخاطرات محیطی، بدون در نظر گرفتن پیامدهای سلامت و سرمایه انسانی، تصویری ناقص از فرآیند توسعه ارائه می‌دهد (WHO, 2021; IPCC, 2023). در این میان، ساختار اقتصادی و جایگاه کشورها در تجارت بین‌المللی مواد غذایی می‌تواند نحوه انتقال تکانه‌های محیطی را به‌گونه‌ای چشمگیر تغییر دهد. اقتصادهایی که وابستگی بیشتری به واردات مواد غذایی دارند، علاوه بر مواجهه با پیامدهای مستقیم مخاطرات اقلیمی، نسبت به اختلال در زنجیره‌های جهانی تأمین، نوسان‌های قیمت مواد غذایی و افزایش هزینه‌های معیشتی نیز حساس‌ترند. در مقابل، کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی، اگرچه از ظرفیت تولید داخلی و دسترسی پایدارتر به منابع غذایی برخوردارند، اما وابستگی بیشتر فعالیت‌های اقتصادی آنها به بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و صنایع وابسته موجب می‌شود که تکانه‌های اقلیمی از مسیرهای متفاوت بر عملکرد اقتصادی و رفاه انسانی آنها اثرگذار باشد (FAO, 2023)؛ بنابراین، انتظار بر این است که شدت و سازوکار انتقال آثار مخاطرات محیطی بر توسعه انسانی میان این دو گروه کشور یکسان نباشد. در چنین شرایطی، اتکا به شاخص‌های متعارف اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی، برای ارزیابی پیامدهای بلندمدت تغییرات اقلیمی و آلودگی‌های محیطی کافی نیست. بسیاری از پیامدهدی این تکانه‌ها در قالب کاهش امید به زندگی، افت کیفیت سلامت، تضعیف سرمایه انسانی و محدود شدن فرصت‌های آموزشی نمایان می‌شود، پیامدهایی که در شاخص توسعه انسانی[1] بهتر از شاخص‌های صرفاً تولیدمحور انعکاس می‌یابند (UNDP, 2023). از آنجا که این شاخص هر سه بعد اساسی توسعه ش‌امل سلامت، آموزش و استاندارد زندگی را به‌صورت هم‌زمان پوشش می‌دهد، چارچوبی مناسب برای بررسی اثرات بلندمدت مخاطرات محیطی بر کیفیت توسعه اقتصادی فراهم می‌آورد (Bloom & Canning, 2008). در این چارچوب، متغیرهایی نظیر بار بیماری، هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس، هزینه‌های سلامت، سرمایه‌گذاری‌های حفاظت از محیط زیست و ابزارهای سیاستی مانند مالیات‌های زیست‌محیطی، هر کدام بخشی از سازوکار انتقال تکانه‌های محیطی به توسعه انسانی را نمایندگی می‌کنند. بر این اساس، بررسی هم‌زمان مخاطرات اقلیمی، آلودگی‌های محیطی، پیامدهای سلامت‌محور و سیاست‌های زیست‌محیطی امکان شناخت دقیق‌تر مسیرهای اثرگذاری این عوامل بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی را فراهم می‌سازد. چنین رویکردی نه‌تنها به درک بهتر سازوکارهای اقتصادی و سلامت‌محور توسعه کمک می‌کند، بلکه

1. Human Development Index (HDI)

می‌تواند مبنایی علمی برای طراحی سیاست‌هایی باشد که ضمن کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات محیطی، ظرفیت تاب‌آوری اقتصادها و پایداری توسعه انسانی را نیز تقویت کنند. در رویکردهای نوین اقتصاد توسعه، توسعه اقتصادی دیگر صرفاً به معنی افزایش تولید یا رشد درآمد تلقی نمی‌شود، بلکه به‌عنوان فرآیندی چندبعدی در نظر گرفته می‌شود که ارتقای سلامت، آموزش، رفاه و کیفیت زندگی را نیز دربرمی‌گیرد (UNDP, 2023). بر همین اساس، شاخص توسعه انسانی، با تلفیق سه بعد امید به زندگی، آموزش و درآمد سرانه، تصویری جامع‌تر درباره عملکرد توسعه‌ای کشورها نسبت به شاخص‌های متعارف اقتصادی ارائه می‌دهد (Bloom & Canning, 2008). در سال‌های اخیر نیز در ادبیات توسعه پایدار، تأکید شده است که بخش مهم آثار تغییرات اقلیمی و تخریب محیط زیست، پیش از آنکه در شاخص‌های تولیدی ظاهر شوند، از طریق کاهش کیفیت سلامت، افت سرمایه انسانی و تضعیف رفاه اجتماعی، خود را در شاخص توسعه انسانی نشان می‌دهند (Owusu & Sarkodie, 2020; Akram et al., 2022). از این‌رو، شاخص توسعه انسانی بستری مناسب برای تحلیل پیامدهای بلندمدت مخاطرات محیطی برای کیفیت توسعه محسوب می‌شود. در چارچوب نظری سرمایه انسانی، سلامت یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید و توسعه اقتصادی به‌شمار می‌رود. نیروی کار سالم از بهره‌وری بالاتر، توان یادگیری بیشتر و مشارکت مؤثرتر در فعالیت‌های اقتصادی برخوردار است؛ در مقابل، هر عاملی که موجب کاهش سلامت جسمی یا روانی جامعه شود، به‌تدریج ظرفیت تولید، کیفیت سرمایه انسانی و مسیر توسعه را تضعیف می‌کند (Bloom & Canning, 2008; Akram et al., 2022). بر همین اساس، تغییرات اقلیمی و آلودگی‌های محیطی صرفاً یک مسئله زیست‌محیطی نیست، بلکه از طریق ایجاد اختلال در سرمایه انسانی، به یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های توسعه پایدار تبدیل شده است (IPCC, 2023). یکی از مهم‌ترین سازوکارهای انتقال این تکانه‌ها افزایش بار بیماری است که با شاخص «سال‌های زندگی تعدیل‌شده همراه با ناتوانی[1]» بررسی می‌شود. این شاخص که مجموع «سال‌های ازدست‌رفته عمر ناشی از مرگ‌ومیر زودرس[2]» و «سال‌های سپری‌شده با ناتوانی[3]» را اندازه‌گیری می‌کند، جامع‌ترین شاخص برای سنجش خسارت سلامت در ادبیات اقتصاد سلامت محسوب می‌شود (Murray & Lopez, 1996). افزایش بار بیماری بیانگر آن است که بخش بیشتری از سرمایه انسانی جامعه، یا به‌دلیل مرگ‌ومیر زودرس از چرخه فعالیت اقتصادی خارج شده یا به‌علت بیماری و ناتوانی، با کاهش بهره‌وری مواجه شده است. در نتیجه، این

1. Disability-Adjusted Life Years (DALY)
2. Years of Life Lost (YLL)
3. Years Lived with Disability (YLD)

متغیر نه‌تنها هزینه‌های درمان و مراقبت را افزایش می‌دهد، بلکه از طریق کاهش عرضه مؤثر نیروی کار، افت بهره‌وری و کاهش کیفیت زندگی، رشد توسعه انسانی را نیز محدود می‌سازد (Pozzer et al., 2023; Gasparrini et al., 2015). در کنار بار بیماری، هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس منتسب به مخاطرات محیطی یکی دیگر از سازوکارهای مهم انتقال آثار تکانه‌های اقلیمی و آلودگی‌های محیط زیست به توسعه انسانی محسوب می‌شود. این شاخص که بر مبنای مفهوم «ارزش آماری زندگی[1]» و «تمایل به پرداخت[2]» محاسبه می‌شود، ارزش اقتصادی رفاه ازدست‌رفته ناشی از افزایش احتمال مرگ‌ومیر را برآورد می‌کند (OECD, 2012; Owusu & Sarkodie; 2020). افزایش این هزینه‌ها بیانگر آن است که جامعه، برای حفظ سطح فعلی رفاه، ناچار به تخصیص منابع بیشتری به جبران خسارت‌های سلامت‌محور شده است، منابعی که در غیر این صورت، می‌توانست در آموزش، نوآوری، سرمایه‌گذاری مولد یا ارتقای کیفیت زندگی به‌کار گرفته شود؛ بنابراین، هزینه‌های رفاهی مرگ‌ومیرهای زودرس یکی از مهم‌ترین مسیرهای اقتصادی انتقال آثار تکانه‌های محیطی به شاخص توسعه انسانی به‌شمار می‌رود. در مجموع، مبانی نظری نشان می‌دهد که آثار تغییرات اقلیمی و آلودگی‌های محیطی از یک مسیر خطی منتقل نمی‌شوند، بلکه زنجیره‌ای از تعاملات میان محیط زیست، سلامت، سرمایه انسانی و رفاه را شکل می‌دهند. در این زنجیره، مخاطرات محیطی ابتدا سلامت جمعیت را از طریق افزایش بار بیماری و مرگ‌ومیرهای زودرس تضعیف می‌کنند؛ سپس، این آسیب‌ها با افزایش هزینه‌های رفاهی، کاهش بهره‌وری و نیز محدودیت ظرفیت سرمایه انسانی، در نهایت، خود را به‌صورت کاهش کیفیت و پایداری توسعه انسانی نشان می‌دهند. از این منظر، شاخص توسعه انسانی را می‌توان حاصل برهم‌کنش هم‌زمان عوامل اقلیمی، سلامت‌محور، نهادی و اقتصادی دانست، موضوعی که مبنای نظری مدل‌های تجربی پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد؛ اما آثار مخاطرات محیطی بر توسعه انسانی صرفاً به وقوع بلایای طبیعی محدود نمی‌شود، بلکه از برهم‌کنش هم‌زمان تغییرات اقلیمی، آلودگی‌های محیطی، نظام سلامت و ساختارهای اقتصادی ناشی می‌شود. در این چارچوب، افزایش میانگین دما و وقوع تنش‌های حرارتی، علاوه بر تحمیل خسارت‌های مستقیم بر فعالیت‌های اقتصادی، از طریق افزایش بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی و اختلالات مرتبط با گرما، بار بیماری و مرگ‌ومیرهای زودرس را افزایش می‌دهد و کیفیت سرمایه انسانی را تضعیف می‌کند (IPCC, 2023; Gasparrini et al.,2015). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که این آثار در

1. Value of Statistical Life (VSL)
2. Willingness to Pay (WTP)

بلندمدت، بیش از آنکه در شاخص‌های تولیدی نمایان شوند، در شاخص‌های سلامت و توسعه انسانی انعکاس می‌یابند (Akram et al., 2022). در کنار تغییرات اقلیمی، آلودگی‌های محیطی نیز یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده توسعه انسانی محسوب می‌شوند. افزایش غلظت ذرات معلق و ازن تروپوسفری با تشدید بیماری‌های مزمن، افزایش ناتوانی، کاهش امید به زندگی و افت بهره‌وری نیروی کار همراه است (Lelieveld et al., 2015; Pozzer et al., 2023). برخلاف بسیاری از تکانه‌های طبیعی که آثار آنها ممکن است در دوره‌های زمانی محدود متمرکز باشد، آلودگی هوا ماهیتی تجمعی و فرسایشی دارد و از طریق انباشت تدریجی خسارت‌های سلامت، آثاری پایدارتر بر سرمایه انسانی و رفاه اجتماعی برجای می‌گذارد (WHO, 2021). به همین دلیل، بخش قابل توجه مطالعات جدید به معرفی کنترل آلودگی هوا یکی از پیش‌شرط‌های دستیابی به توسعه انسانی پایدار پرداخته‌اند (Onofrei et al., 2022). در مقابل، بخشی از ادبیات بر نقش سیاست‌های عمومی در کاهش آسیب‌پذیری اقتصادها تأکید دارد. افزایش هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، توسعه فناوری‌های پاک، گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر و استفاده از ابزارهایی مانند مالیات‌های زیست‌محیطی، از مهم‌ترین سیاست‌هایی به‌شمار می‌روند که می‌توانند از طریق کاهش انتشار آلاینده‌ها، بهبود کیفیت محیط زیست و ارتقای سلامت عمومی، آثار منفی مخاطرات اقلیمی را تعدیل کنند (Akram et al., 2022). البته، بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اثربخشی این ابزارها به کیفیت حکمرانی، ظرفیت نهادی و نحوه تخصیص منابع بستگی دارد و در برخی کشورها، به‌دلیل افزایش هزینه‌های تولید یا فشارهای مالی کوتاه‌مدت، ممکن است آثاری متفاوت بر شاخص‌های توسعه مشاهده شود (Azam et al., 2021; Onofrei et al., 2022). عامل دیگری که در سال‌های اخیر، مورد توجه ادبیات پژوهش قرار گرفته، نقش ساختار تجاری و امنیت غذایی در انتقال آثار تکانه‌های محیطی است. کشورهایی که وابستگی بیشتری به واردات مواد غذایی دارند، علاوه بر تحمل پیامدهای مستقیم مخاطرات اقلیمی، در برابر اختلال زنجیره‌های تأمین، افزایش قیمت مواد غذایی و تکانه‌های بازارهای جهانی نیز آسیب‌پذیرترند. در مقابل، کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی، اگرچه از ظرفیت تولید داخلی بیشتری برخوردارند، اما وابستگی بالاتر فعالیت‌های اقتصادی آنها به بخش کشاورزی و منابع طبیعی موجب می‌شود که مخاطرات اقلیمی از مسیر کاهش بهره‌وری عوامل تولید، آثاری متفاوت بر توسعه انسانی برجای گذارد (FAO, 2023)؛ بنابراین، انتظار می‌رود که شدت و حتی سازوکار اثرگذاری متغیرهای سلامت‌محور و زیست‌محیطی بر شاخص توسعه انسانی در این دو گروه از کشورها یکسان نباشد. در مجموع، ادبیات نظری و تجربی بیانگر آن است که توسعه

انسانی حاصل برهم‌کنش پیچیده عوامل اقلیمی، زیست‌محیطی، سلامت‌محور، نهادی و ساختاری است و هیچ‌کدام از این عوامل را نمی‌توان به‌صورت مستقل از دیگری تحلیل کرد. همین پیچیدگی سبب شده است که در سال‌های اخیر، مطالعات اقتصاد محیط زیست از تحلیل رابطه‌های ساده میان محیط زیست و رشد اقتصادی فاصله گرفته، به سمت بررسی مسیرهای انتقال تکانه‌های محیطی از طریق سلامت، سرمایه انسانی و ساختارهای اقتصادی حرکت کنند، رویکردی که مبنای نظری پژوهش حاضر نیز بر آن استوار است.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر، توجه پژوهشگران به بررسی پیامدهای اقتصادی و رفاهی تغییرات اقلیمی و آلودگی‌های محیط زیست افزایش یافته است؛ با این همه، بخش عمده این مطالعات یا بر شاخص‌های متعارف اقتصادی نظیر رشد تولید ناخالص داخلی متمرکز بوده یا به بررسی جداگانهٔ هر کدام از مسیرهای سلامت‌محور پرداخته‌اند.

حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2024)، ضمن تحلیل دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۳ در چارچوب رویکرد خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده غیرخطی[1]، نشان دادند که بلایای طبیعی، از طریق تشدید نابرابری درآمدی، به‌طور مستقیم، بر مؤلفه‌های معیشتی توسعه انسانی تأثیر می‌گذارند؛ این استدلال تأییدی است بر یافته‌های مریانجی و وجدانی نوذر (Maryanaji & Vejdani Nozar, 2021) که مبتنی بر مدل K-NN و شبکه عصبی مصنوعی، به بررسی آثار مخرب یخبندان بر اقتصادهای محلی و کشاورزی پرداخته‌اند. در حوزه سلامت، پندار و همکاران (Pendar et al., 2020)، به کمک تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS، همبستگی بالا میان اهداف توسعه پایدار و شاخص توسعه انسانی را گزارش کردند. همچنین، پاکدامن و همکاران (Pakdaman et al., 2019)، با به‌کارگیری روش اقتصادسنجی خودرگرسیون برداری[2]، بر نقش حیاتی مخارج سلامت در ارتقای امید به زندگی پای فشردند. ندافی و همکاران (Naddafi et al., 2019) نیز در مرور مطالعاتی درباره بار بیماری منتسب به عوامل مخاطرات زیست‌محیطی در ایران، با برآورد بار بیماری‌ها از طریق مدل‌های محاسباتی اپیدمیولوژیک، نشان دادند که عوامل محیطی سهمی انکارناپذیر در افزایش شاخص دالی و هزینه‌های رفاهی جامعه ایفا می‌کنند.

در سطح بین‌المللی، پژوهش‌ها بر پیوند میان کیفیت حکمرانی، محیط زیست و شاخص‌های حیاتی تمرکز یافته‌اند. گارسیا- پرز و همکاران (Garcia-Perez et al., 2024)، در بررسی کشورهای

1. Nonlinear Auto-Regression with Distributed Lags (NARDL)
2. Vector Auto-Regression (VAR)

سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، در قالب مدل تصحیح خطای برداری[1]، تضاد میان عملکرد زیست‌محیطی مثبت و اثرات منفی بلایای طبیعی در تعیین سطح شاخص توسعه انسانی را به تصویر کشیدند. به‌طور مشابه، آنله و همکاران (Anele et al., 2024) نیز از طریق رگرسیون پواسون چندگانه با واریانس مقاوم، موضوع نرخ بالای مرگ‌ومیر نوزادان در مناطق با توسعه انسانی پایین را واکاوی کردند. در همین راستا، اسمیت و همکاران (Smith et al., 2022)، با تکیه بر روش‌شناسی ترکیبی کمی–کیفی، مرگ‌ومیر زودرس ناشی از آلودگی را جدی‌ترین تهدید برای امید به زندگی می‌دانند، که تنها با سرمایه‌گذاری‌های هدفمند زیست‌محیطی قابل تعدیل است. با این همه، بنیک و همکاران (Banik et al., 2023) با بهره‌گیری از شیوهٔ برآورد گشتاورهای تعمیم‌یافته نظام‌مند، یادآور می‌شوند که کارآمدی این سرمایه‌گذاری‌ها به کیفیت حکمرانی وابسته است. در بحث بار بیماری، کاظمی و همکاران (Kazemi et al., 2021)، با بهره‌گیری از مدل رگرسیونی جوین‌پوینت، روند نزولی شاخص دالی در کشورهای با شاخص توسعه انسانی بالا را گزارش کرده‌اند، در حالی که پیش از آن، اووسو و سارکودی (Owusu & Sarkodie, 2020)، با به‌کارگیری روش رگرسیون تابلویی دریسکول–کرای، در سطح وسیع‌تر، نشان دادند که آلودگی هوا در تمامی سطوح توسعه، با افزایش هزینه‌های رفاهی و مرگ‌ومیر همراه است. در نهایت، بررسی تجارب خاص اقلیمی قدیمی‌تر مانند موج گرمای ۲۰۰۳ اروپا که توسط باردی و پیرینی (Bardi & Pierini, 2013) با روش سالیوان انجام شد، نشان داد که این موارد همگی گویای رابطه معکوس میان تکانه‌های محیطی و پایداری توسعه انسانی است.

مجموعه این مطالعات نشان می‌دهد که مخاطرات محیطی، از طریق فرسایش سرمایه انسانی و افزایش هزینه‌های سلامت، یکی از عوامل مؤثر بر پایداری توسعه انسانی محسوب می‌شود. با وجود گسترش این ادبیات، چند خلأ اساسی همچنان باقی مانده است: اول، اغلب پژوهش‌ها تغییرات اقلیمی، آلودگی محیط زیست، بار بیماری و هزینه‌های رفاهی را به‌صورت مستقل بررسی کرده و کمتر مطالعه‌ای به ارزیابی این متغیرها در قالب یک چارچوب تحلیلی واحد و با تمرکز بر شاخص توسعه انسانی پرداخته است؛ دوم، در بخش عمده مطالعات، اثرات سلامت‌محور مخاطرات محیطی تنها از طریق شاخص‌های عمومی سلامت یا امید به زندگی سنجیده شده و شاخص‌های تخصصی‌تر مانند شاخص سال‌های زندگی تعدیل‌شده همراه با ناتوانی (DALY) و هزینه رفاهی مرگ‌ومیرهای زودرس کمتر در مدل‌های اقتصادسنجی توسعه انسانی وارد شده است؛ و سوم، اگرچه تفاوت‌های ساختاری کشورها در برخی مطالعات یادشده آمده، اما نقش ساختار تجارت مواد غذایی به‌عنوان عاملی

1. Vector Error Correction Model (VECM)

تعیین‌کننده در انتقال تکانه‌های محیطی و سلامت‌محور به توسعه انسانی تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، نوآوری اصلی پژوهش حاضر در چند محور قابل تبیین است: اول، مطالعهٔ حاضر، به‌جای تمرکز صرف بر رشد اقتصادی، آثار مخاطرات محیطی بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی به‌عنوان شاخصی چندبعدی از توسعه را بررسی کرده است؛ دوم، برای نخستین بار، آثار بار بیماری ناشی از تنش‌های حرارتی (گرما و سرمای شدید) و بار بیماری ناشی از آلودگی محیط زیست (ذرات معلق و ازن محیطی) به‌همراه هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس در قالب دو مدل مکمل و یک چارچوب منسجم تحلیل شده است؛ سوم، با تفکیک کشورهای منتخب بر اساس وضعیت تجارت مواد غذایی به دو گروه صادرکننده و واردکننده خالص، امکان بررسی ناهمگنی ساختاری و تفاوت سازوکار انتقال تکانه‌های محیطی به توسعه انسانی فراهم شده است؛ و چهارم، ترکیب هم‌زمان متغیرهای سلامت‌محور، زیست‌محیطی، نهادی و سیاستی (شامل هزینه‌های بهداشتی، هزینه‌های حفاظت از محیط زیست و مالیات‌های زیست‌محیطی) تصویری جامع‌تر از عوامل تعیین‌کننده توسعه انسانی ارائه داده است. بر مبنای این چارچوب، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی اثر مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی و آلودگی‌های محیط زیست بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی در کشورهای منتخب توسعه‌یافته و مقایسه شدت این اثرات میان کشورهای صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی بوده است. بر این اساس، فرضیه اصلی پژوهش عبارت است از آنکه افزایش فشارهای سلامت ناشی از مخاطرات محیطی، از طریق افزایش بار بیماری و هزینه‌های رفاهی مرگ‌ومیرهای زودرس، رشد شاخص توسعه انسانی را محدود می‌کند و شدت این اثر با توجه به تفاوت ساختار اقتصادی و تجاری کشورها یکسان نخواهد بود. همچنین، فرض شده است که متغیرهای سیاستی و نهادی نظیر هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، مالیات‌های زیست‌محیطی و هزینه‌های سلامت، بسته به ویژگی‌های ساختاری کشورها، نقش‌هایی متفاوت در تعدیل یا تشدید این آثار ایفا می‌کنند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، با استفاده از داده‌های تابلویی ۴۱ کشور واقع در مناطق توسعه‌یافته[1] بر اساس طبقه‌بندی آماری UNCTADstat[2]و استاندارد UN M49، طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹، انجام شده

1. developed regions
2. UNCTAD/STAT/CLASSIF/2022/1 CLASSIFICATION UPDATE – APRIL 2022

است. بر اساس این طبقه‌بندی، کشورهای نمونه به دو گروه شامل بیست کشور[۱] صادرکننده خالص[۲] مواد غذایی و ۲۱ کشور[۳] واردکننده خالص مواد غذایی تقسیم شدند. این طبقه‌بندی بر مبنای دسته‌بندی تحلیلی ثابت[۴] پایگاه اینترنتی یادشده انجام پذیرفته و در کل دوره مطالعه، بدون تغییر حفظ شده است؛ بنابراین، ملاک تفکیک کشورها عضویت آنها در گروه‌های از پیش تعریف‌شده این پایگاه بوده است و نه تغییرات سالانه تراز تجاری مواد غذایی. استفاده از این چارچوب، ضمن حفظ همگنی آماری داده‌ها، امکان مقایسه ساختاری اثرات مخاطرات محیطی میان دو گروه را فراهم می‌سازد. مدل پژوهش[۵]، با اقتباس از مطالعات باردی و پیرینی (Bardi & Pierini, 2013) و بنیک و همکاران (Banik et al., 2023) تدوین شده است. در این مدل، نرخ رشد شاخص توسعه انسانی به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده و اثرات مخاطرات محیطی از طریق دو مسیر اصلی شامل بار بیماری ناشی از تنش‌های حرارتی (گرما و سرمای شدید) و بار بیماری ناشی از آلودگی محیط زیست (ذرات معلق و ازن محیطی) برآورد شده است. همچنین، تغییرات میانگین دمای سالانه[۶] و انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به‌عنوان متغیرهای برون‌زای محیطی[۷] در مدل وارد شده‌اند تا از تورش ناشی از حذف متغیرهای مؤثر جلوگیری شود. برآوردها به‌صورت جداگانه برای کل کشورهای توسعه‌یافته و دو زیرگروه صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی انجام شد تا ناهمگنی ساختاری میان آنها قابل مقایسه باشد. به‌منظور اطمینان از اعتبار برآوردها، تمامی آزمون‌های تشخیصی در نرم‌افزارهای EViews12 و R انجام شد. ابتدا وابستگی مقطعی[۸] با آزمون وابستگی مقطعی پسران[۹] (Pesaran, 2007) بررسی شده و با توجه به وجود وابستگی مقطعی، مانایی متغیرها با استفاده از آزمون

۱- استرالیا، بلاروس، بلژیک، دانمارک، مجارستان، ایرلند، لتونی، لیتوانی، مولداوی، لهستان، روسیه، اوکراین، آمریکا، بلغارستان، هلند، نیوزیلند، کانادا، ایسلند، اسپانیا و نروژ.

۲- صادرکننده خالص عبارت است از کشور یا سرزمینی که ارزش کالاها و خدمات صادراتی بالاتر از کالاها و خدمات وارداتی آن در یک بازه زمانی مشخص باشد و برعکس آن، در مورد واردکننده خالص مواد غذایی صادق است. به تارنمای کنفرانس تجارت و توسعه سازمان ملل متحد (انکتاد) یا همان UN Conference on Trade and Development (UNCTAD) مراجعه شود.

۳- اتریش، کرواسی، قبرس، جمهوری چک، استونی، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، ایتالیا، ژاپن، لوکزامبورگ، مالت، پرتغال، رومانی، اسلواکی، اسلوونی، سوئد، سوئیس، کره جنوبی و بریتانیا.

4. static classification

۵- با عنوان مدل ۱ شناخته شده است.

6. Mean Temperature Change (MTC)
7. environmental drivers
8. Cross-section Dependence (CD)
9. Pesaran CD test

ریشه واحد نسل دوم[1] ارزیابی شده و همچنین، برای بررسی هم‌خطی میان متغیرهای توضیحی، از شاخص عامل تورم واریانس[2] استفاده شده است. در ادامه، آزمون F لیمر[3] مناسب بودن داده‌های تابلویی و آزمون هاسمن[4] انتخاب الگوی اثرات ثابت را تأیید کردند. از آنجا که آزمون‌های تشخیصی وجود ناهمسانی واریانس و وابستگی مقطعی را نشان دادند، برآورد نهایی ضرایب با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته پانلی[5] همراه با تصحیح خطاهای استاندارد پانلی[6] در چارچوب اثرات ثابت انجام شده است. استفاده از PCSE موجب اصلاح خطاهای استاندارد در حضور ناهمسانی واریانس[7]، خودهمبستگی[8] و همبستگی مقطعی شده و نسبت به برآوردهای متعارف، استنباط آماری قابل اتکاتر فراهم می‌آورد (Beck & Katz, 1995; Greene, 2018). بنابراین، این ساختار تحلیلی امکان ارزیابی جامع تفاوت‌های ساختاری اثرات بلایای طبیعی و آلودگی محیط زیست بر شاخص توسعه انسانی را فراهم می‌سازد. در ادامه، به‌منظور تبیین چارچوب تجربی، به معرفی متغیرها و مدل‌های رگرسیونی بر اساس ابعاد پیش‌گفته تدوین شده‌اند که ساختار کلی آنها در جدول ۱ آمده است.

1. Cross-sectionally augmented IPS (CIPS)
2. Variance Inflation Factor (VIF)
3. F-Leamer
4. Hausman
5. Panel Estimated Generalized Least Squares (PEGLS)
6. Panel-Corrected Standard Errors (PCSE)
7. White test
8. Breusch-Godfrey LM test

جدول ۱- شرح متغیرهای مدل

نماد متغیر	تعریف متغیرها	نام مدل (بخش)	نام متغیر	منبع داده
RHDI	سه بُعد امید به زندگی، آموزش و درآمد سرانه را ترکیب می‌کند و تصویری جامع‌تر از کیفیت زندگی را ارائه می‌دهد.	مدل ۱ (الف و ب)*	نرخ رشد شاخص توسعه انسانی (HDI)	تارنمای نوئما (Knoema)
Rhldaly	نشان‌دهنده از دست دادن معادل یک سال سلامت کامل است. اصل اساسی در برآورد این شاخص، شدت اثر بیماری است که دامنه آن از صفر برای بهترین حالت سلامت تا یک برای بیماری‌ها و حوادث طبیعی و غیرطبیعی منجر به مرگ متغیر است.	مدل ۱ (الف)	نرخ رشد بار بیماری ناشی از بلایای طبیعی (DALY) (گرما و سرمای شدید)	تارنمای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)
Ropdaly		مدل ۱ (ب)	نرخ رشد بار بیماری ناشی از آلودگی محیط زیست (ماده ذرات محیط وازن محیطی)	
temchng	به تفاوت میانگین دمای ثبت‌شده در یک سال خاص نسبت به میانگین بلندمدت آن منطقه یا جهان گفته می‌شود؛ این شاخص برای تحلیل اثرات اقلیمی بر زیست‌بوم، سلامت انسان و توسعه پایدار استفاده می‌شود (IPCC, 2023).	مدل ۱ (الف)	تغییرات میانگین دمای سالانه (MTC)	تارنمای هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC)
RGhg	میزان آلودگی تولیدشده از مصرف انرژی‌های فسیلی در بخش‌های مختلف اقتصادی است.	مدل ۱ (ب)	نرخ رشد انتشار الاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی	آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)
Rhltemp	ارزش اقتصادی کاهش‌یافته و رفاه ازدست‌رفته جامعه به‌دلیل مرگ‌ومیر زودرس افراد بر اثر بلایای طبیعی/ آلودگی زیست‌محیطی است و همچنین، این هزینه شامل درآمدهای ازدست‌رفته در طول عمر مورد انتظار و کاهش رضایت از زندگی یا مطلوبیت فردی می‌شود.	مدل ۱ (الف)	نرخ رشد هزینه رفاه ناشی از مرگ‌ومیر زودرس منتسب به بلایای طبیعی (گرما و سرمای شدید)	
Rozapmat		مدل ۱ (ب)	نرخ رشد هزینه رفاه ناشی از مرگ‌ومیر زودرس منتسب (ماده ذرات محیط و ازن محیطی)	تارنمای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)
Rophexpnd	نشان‌دهنده سهمی از هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و درمانی است که به‌طور مستقیم توسط خانوارها و بدون حمایت مالی از سوی بیمه‌ها یا دولت پرداخت می‌شود.	مدل ۱ (الف و ب)	نرخ رشد هزینه فردی بهداشتی	
Rexenpr	به‌تمامی مخارجی گفته می‌شود که برای پیشگیری، کاهش یا حذف آلودگی‌ها و تخریب‌های زیست‌محیطی انجام می‌گیرد.	مدل ۱ (الف و ب)	نرخ رشد هزینه حفاظت از محیط زیست	سازمان بهداشت جهانی (WHO)
Rentax	پرداخت‌هایی است که برای فعالیت‌های آلاینده یا بهره‌برداری از منابع طبیعی انجام می‌شود و پایه آن تأثیر منفی این فعالیت‌ها بر محیط زیست است.	مدل ۱ (الف و ب)	نرخ رشد مالیات‌های زیست‌محیطی	تارنمای اقتصاد جهانی (Global Economy)

* الف: بعد بلایای طبیعی، ب: بعد آلودگی محیط زیست

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در ادامه، به‌منظور تبیین چارچوب تجربی، مدل رگرسیونی بر اساس ابعاد یادشده تدوین شده که ساختار کلی آنها به‌شرح زیر است:

مدل ۱:

بخش الف (بلایای طبیعی)

$$rhdi_{1ijt} = \beta_{o1ijt} + \beta_{11ijt}\, rhltemp_{1ijt} + \beta_{21ijt}\, temchng_{1ijt} + \beta_{31ijt}\, rophexpnd_{1ijt} + \beta_{41ijt}\, rhldaly_{1ijt} + \beta_{51ijt}\, rentax_{1ijt} + \beta_{61ijt}\, rexenpr_{1ijt} + \varepsilon_{1ijt} \quad (۱)$$

بخش ب (آلودگی محیط زیست)

$$rhdi_{2ijt} = \beta_{o2ijt} + \beta_{12ijt}\, rozapmat_{2ijt} + \beta_{22ijt}\, rghg_{2ijt} + \beta_{32ijt}\, rophexpnd_{2ijt} + \beta_{42ijt}\, ropdaly_{2ijt} + \beta_{52ijt}\, rentax_{2ijt} + \beta_{62ijt}\, rexenpr_{2ijt} + \varepsilon_{2ijt} \quad (۲)$$

که اندیس ۱ و ۲، به‌ترتیب، بیانگر بخش بلایای طبیعی و بخش آلودگی محیط زیست بوده و در اندیس i، کشورهای توسعه‌یافته ۱ و کشورهای توسعه‌یافته صادرکننده خالص مواد غذایی و کشورهای توسعه‌یافته صادرکننده خالص مواد غذایی ۲ و اندیس j تعداد کشورهای کل و هر دو گروه و t معرف زمان است که ده سال خواهد بود. همچنین، β_0 عرض از مبدأ، β_1 تا β_9 ضرایب رگرسیون و ε جمله خطاست.

نتایج و بحث

پیش از ورود به آزمون‌های اقتصادسنجی و برآورد مدل، بررسی رفتار و روند حرکتی داده‌ها در طول دوره مورد مطالعه ضروری است. لازم به ذکر است که با توجه به تمرکز اصلی پژوهش حاضر بر ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی و همچنین، رعایت اختصار، گزارش آمار توصیفی در این بخش منحصراً به متغیرهای کلیدی زیست‌محیطی اختصاص یافته و از تشریح روند متغیرهای کنترلی صرف‌نظر شده است.

جدول ۲-روند میانگین ده‌ساله متغیرهای زیست‌محیطی

کشور	نرخ رشد هزینه رفاهی مرگ‌ومیر زودرس		نرخ رشد بار بیماری	
	ازن و ماده ذرات	سرما و گرمای شدید	سرما و گرمای شدید	ازن و ماده ذرات
استرالیا	۰/۵۷۱	۰/۳۷۲	−۰/۸۵۹	−۰/۵۳۵
بلاروس	−۲/۲۱۷	−۱/۳۰۰	−۱/۱۱۷	−۴/۳۲۴
بلژیک	−۲/۴۷۹	−۰/۲۶۰	−۰/۷۰۱	−۳/۴۷۷
کانادا	−۰/۷۸۴	۱/۲۸۹	۲/۲۰۱	−۱/۸۶۹
دانمارک	−۲/۹۴۰	−۰/۸۹۴	−۰/۷۸۰	−۴/۲۰۸
مجارستان	۰/۶۲۰	۰/۲۳۵	۰/۳۰۳	−۲/۲۶۱
ایسلند	−۱/۸۲۱	۰/۳۳۹	۰/۷۳۲	−۳/۳۱۵
ایرلند	−۰/۳۶۲	−۰/۴۳۰	۰/۳۳۷	−۴/۳۱۹
لتونی	−۱/۴۲۸	−۰/۴۶۸	−۰/۵۸۱	−۵/۱۴۷
لیتوانی	۰/۷۸۱	۰/۶۳۶	۱/۰۰۹	−۴/۶۰۷
مولداوی	−۰/۳۸۶	−۱/۳۲۴	−۱/۷۸۹	−۴/۵۵۵
نیوزیلند	۱/۱۵۵	−۰/۰۸۹	۰/۲۹۹	−۰/۷۰۴
نروژ	−۰/۲۶۸	−۱/۸۰۱	−۱/۷۴۵	−۵/۱۷۸
لهستان	۱/۹۳۳	−۰/۵۰۰	−۰/۳۴۳	−۱/۴۶۸
روسیه	−۳/۳۰۰	−۱/۲۸۵	−۱/۳۳۱	−۵/۳۴۶
اسپانیا	−۰/۲۴۳	۱/۳۰۱	۰/۵۳۵	−۱/۹۷۴
اوکراین	−۱/۳۲۵	۰/۲۱۸	۰/۰۷۵	−۱/۸۷۲
آمریکا	−۱/۵۳۳	۰/۰۴۹	۱/۱۱۱	−۲/۸۹۵
بلغارستان	۱/۶۵۰	۰/۵۴۱	۰/۲۱۶	−۱/۴۱۰
هلند	−۱/۲۱۴	۰/۳۴۳	۰/۱۴۰	−۲/۵۵۸
اتریش	−۲/۴۵۰	−۰/۳۶۷	−۰/۴۶۹	−۳/۳۲۰
کرواسی	۰/۰۷۳	−۰/۲۴۱	۰/۱۲۶	−۱/۷۳۳
قبرس	−۰/۹۲۳	۰/۵۷۷	۰/۱۱۹	−۱/۲۹۹
جمهوری چک	۰/۰۸۷	۰/۰۱۳	۰/۱۹۷	−۱/۷۳۹
استونی	−۴/۵۵۸	−۰/۹۴۵	−۰/۸۶۹	−۸/۱۱۷
فنلاند	−۴/۸۸۳	۰/۷۴۱	۱/۰۰۲	−۵/۹۷۰
فرانسه	−۲/۰۰۱	۱/۱۱۱۹	۰/۶۳۳	−۳/۳۵۱
آلمان	−۱/۵۱۳	۰/۶۹۱	۰/۳۳۹	−۲/۹۹۳
یونان	−۲/۸۰۰	۳/۳۶۰۰	۱/۹۲۷	−۲/۳۹۳
ایتالیا	−۱/۴۴۶	۱/۱۲۰۷	۰/۵۳۸	−۲/۲۵۸
ژاپن	۴/۲۱۸	۱/۱۸۷۹	۱/۰۶۷	۲/۱۳۲
کره جنوبی	۶/۰۹۶	۳/۳۳۶۲	۳/۵۳۴	۲/۵۷۰
لوکزامبورگ	−۴/۰۱۷	−۱/۷۹۷	−۲/۵۰۳	−۴/۱۷۳
مالت	۱/۷۱۴	−۰/۸۴۲	−۰/۶۴۷	−۲/۵۱۴
پرتغال	−۱/۴۰۲	۱/۸۴۳	۱/۰۴۸	−۲/۹۷۳
رومانی	۲/۵۵۶	۱/۲۳۹	−۰/۱۰۵۱	−۲/۰۲۴
اسلواکی	۰/۲۲۸	−۰/۷۹۸	−۰/۴۹۵	−۲/۱۴۱
اسلوونی	۰/۸۴۱	۱/۰۸۵	۰/۷۳۱	−۱/۱۷۷
سوئد	−۵/۳۵۰	−۱/۴۳۷	−۱/۲۷ ۱	−۶/۵۱۰
بریتانیا	−۲/۵۲۲	۰/۰۲۷	−۰/۱۰۸۱	−۳/۲۳۶
سوئیس	−۳/۱۵۲	−۰/۲۵۴	−۰/۱۷۷	−۳/۹۷۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ارزیابی میانگین نرخ رشد شاخص‌های سلامت‌محور و هزینه‌های رفاهی طی دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ بیانگر ناهمگنی قابل توجه در واکنش کشورهای مورد مطالعه به مخاطرات محیطی به‌ویژه تنش‌های حرارتی (گرما و سرمای شدید) و آلودگی‌های جوی است. الگوهای توصیفی نشان می‌دهد که در بسیاری از کشورهای اروپای شمالی و شرقی، علی‌رغم تجربه نوسان‌های اقلیمی، نرخ رشد بار بیماری روندی کاهشی داشته است، موضوعی که می‌تواند بیانگر نقش سیاست‌های زیست‌محیطی، ارتقای نظام سلامت و افزایش ظرفیت سازگاری این کشورها در کاهش پیامدهای سلامت‌محور مخاطرات محیطی باشد. در مقابل، تداوم رشد مثبت بار بیماری و هزینه‌های رفاهی ناشی از مخاطرات محیطی در برخی اقتصادهای توسعه‌یافته، از جمله کره جنوبی، ژاپن و بخش‌هایی از آمریکای شمالی، نشان می‌دهد که حتی اقتصادهای برخوردار از زیرساخت‌های پیشرفته نیز در برابر افزایش فراوانی و شدت رخدادهای اقلیمی با محدودیت‌هایی در ظرفیت تاب‌آوری مواجه‌اند. از منظر اقتصاد توسعه، این الگوهای توصیفی می‌توانند بیانگر دو مسیر بالقوه انتقال اثر به شاخص توسعه انسانی باشند: یکی، افزایش هم‌زمان بار بیماری و هزینه‌های رفاهی ناشی از مخاطرات محیطی، احتمال تخصیص بخش بیشتری از منابع عمومی و خصوصی به مخارج جبرانی سلامت را مطرح می‌کند، که می‌تواند منابع قابل تخصیص به سایر ابعاد توسعه انسانی را محدود سازد؛ و دیگری، تفاوت الگوهای مشاهده‌شده میان کشورهای صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی، حاکی از آنکه ساختار تجارت غذا ممکن است در نحوه انتقال تکانه‌های اقلیمی و زیست‌محیطی به شاخص‌های رفاهی و توسعه انسانی نقش تعدیل‌کننده داشته باشد. در کشورهای واردکننده خالص مواد غذایی، این مخاطرات می‌توانند از مسیر اختلال در زنجیره تأمین و نوسان‌های قیمت‌های جهانی مواد غذایی آثار غیرمستقیم خود را تشدید کنند، در حالی که در کشورهای صادرکننده، پیامدهای آنها بیشتر از طریق کاهش ظرفیت تولید، بهره‌وری و عملکرد بخش‌های وابسته به منابع طبیعی منتقل می‌شود. در مجموع، یافته‌های توصیفی بیانگر آن است که واکنش کشورهای توسعه‌یافته به مخاطرات محیطی «یکنواخت» نبوده و تا حدی، به ویژگی‌های ساختاری و جایگاه آنها در تجارت بین‌المللی مواد غذایی وابسته است. با این همه، این نتایج صرفاً تصویری اولیه از جهت حرکت متغیرها ارائه می‌کنند و نمی‌توان بر اساس آنها، درباره روابط علّی قضاوت کرد؛ از این‌رو، بررسی شدت، جهت و معنی‌داری این روابط بر مبنای نتایج حاصل از برآورد مدل‌های اقتصادسنجی در بخش‌های بعدی انجام شده است.

در ادامه، به‌منظور ارزیابی رعایت فروض مربوط به ساختار اخلال‌ها در داده‌های تابلویی، نتایج آزمون‌های ناهمسانی واریانس وایت، خودهمبستگی بروش-گادفری LM و وابستگی مقطعی پسران (Pesaran, 2007) گزارش شده که، به‌ترتیب، در جداول ۳ , ۴ و ۵ آمده است.

جدول ۳- آزمون ناهمسانی واریانس وایت

مدل‌ها/ بخش	آماره آزمون	احتمال	نتیجه	گروه کشورها
۱ (الف)	۱/۶۳۷	۰/۰۲۵۱	وجود ناهمسانی واریانس	کل کشورها
۱ (ب)	۱/۷۷۰	۰/۰۱۱۳	وجود ناهمسانی واریانس	کل کشورها
۱ (الف)	۱/۸۹۶	۰/۰۰۷۸	وجود ناهمسانی واریانس	صادرکننده
۱ (ب)	۱/۶۵۱	۰/۰۲۹۸	وجود ناهمسانی واریانس	صادرکننده
۱ (الف)	۱/۹۰۷	۰/۰۰۷۰	وجود ناهمسانی واریانس	واردکننده
۱ (ب)	۱/۷۱۸	۰/۰۲۰۳	وجود ناهمسانی واریانس	واردکننده

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- آزمون خودهمبستگی بروش-گادفری

مدل‌ها/ بخش	آماره آزمون	احتمال	نتیجه	گروه
۱ (الف)	۵/۳۸۸	۰/۰۰۴۹	وجود خودهمبستگی	کل کشورها
۱ (ب)	۱/۲۸۲	۰/۲۷۸۵	عدم خودهمبستگی	کل کشورها
۱ (الف)	۶/۲۲۴	۰/۰۰۲۴	وجود خودهمبستگی	صادرکننده
۱ (ب)	۳/۴۲۴	۰/۰۳۴۶	وجود خودهمبستگی	صادرکننده
۱ (الف)	۳/۲۲۷	۰/۰۴۱۷	وجود خودهمبستگی	واردکننده
۱ (ب)	۳/۸۸۳	۰/۰۲۲۲	وجود خودهمبستگی	واردکننده

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- آزمون وابستگی مقطعی پسران

مدل‌ها/ بخش	آماره آزمون	احتمال	نتیجه	گروه
۱ (الف)	۲/۷۷۹۱	۰/۰۰۵۴	وجود وابستگی مقاطع	کل کشورها
۱ (ب)	۴/۰۶۱۸	۰/۰۰۰۰	وجود وابستگی مقاطع	کل کشورها
۱ (الف)	۲/۲۷۵۲	۰/۰۲۲۹	وجود وابستگی مقاطع	صادرکننده
۱ (ب)	۲/۱۵۷۳	۰/۰۳۱۰	وجود وابستگی مقاطع	صادرکننده
۱ (الف)	۲/۷۲۱۳	۰/۰۰۶۵	وجود وابستگی مقاطع	واردکننده
۱ (ب)	۳/۱۱۶۵	۰/۰۰۱۸	وجود وابستگی مقاطع	واردکننده

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس مشاهده جداول، نتایج آزمون ناهمسانی واریانس حاکی از رد فرض صفر (Prob < 0.05) و تأیید وجود ناهمسانی واریانس در تمامی معادلات است. همچنین، نتایج آزمون خودهمبستگی نشان می‌دهد که در برخی از مدل‌ها، به‌دلیل پویایی‌های درون‌زا و اثرات تجمعی تکانه‌های زیست‌محیطی، مشکل خودهمبستگی در جملات اخلال مشاهده می‌شود. علاوه بر این، نتایج آزمون وابستگی مقطعی پسران نشان داد که در تمامی مدل‌ها و گروه‌های کشوری، مقدار احتمال کمتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین، وجود همبستگی میان مقاطع تأیید می‌شود، که بیانگر سرریزهای نهادی، اقلیمی و اقتصادی مشترک میان کشورهای مورد مطالعه است و لزوم استفاده از روش‌های تخمین مقاوم نسبت بدین وابستگی را ضروری می‌سازد. با توجه به تأیید وجود وابستگی مقطعی میان کشورها، مانایی متغیرها با استفاده از آزمون ریشه واحد نسل دوم (CIPS) بررسی شد. این آزمون با کنترل اثر عوامل مشترک، برای داده‌های تابلویی دارای وابستگی مقطعی مناسب است. نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که آماره آزمون برای تمامی متغیرها در هر سه گروه «کل کشورها» و «کشورهای صادرکننده مواد غذایی» و «کشورهای واردکننده مواد غذایی» از مقادیر بحرانی مربوط منفی‌تر است؛ بنابراین، فرض صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که تمامی متغیرهای پژوهش در سطح مانا هستند.

جدول ۶- آزمون نسل دوم CIPS

کشورهای صادرکننده مواد غذایی				کل کشورها			
متغیر	آماره	متغیر	آماره	متغیر	آماره	متغیر	آماره
Rhldaly	-۴/۱۰۰۶	Rhldaly	-۴/۶۶۰۴	Ropdaly	-۳/۲۶۹۸	Ropdaly	-۳/۰۸۵۲
Rentax	-۳/۲۹۸۱	Rentax	-۳/۱۲۲۱	Rhdi	-۳/۲۷۸۸	Rhdi	-۲/۹۵۳۸
Rexenpr	-۳/۶۸۰۱	Rexenpr	-۳/۵۷۲۳۶	Rghg	-۳/۴۷۳۶	Rghg	-۳/۷۲۹۲
Rophexpnd	-۲/۹۲۸۱	Rophexpnd	-۳/۰۰۲۱	Temchng	-۳/۵۷۳۲۰	Temchng	-۳/۶۵۳۱
Rhltemp	-۴/۲۲۸۸	Rhltemp	-۴/۵۲۹۱	Rozapmat	-۲/۹۹۴۳	Rozapmat	-۳/۱۲۸۴
کشورهای واردکننده مواد غذایی							
Rentax	-۲/۹۵۴۵	Rhldaly	-۵/۱۹۳۶	Ropdaly	-۳/۴۴۵۷	Rhdi	-۳/۵۸۸۴
Rophexpnd	-۳/۰۷۴۶	Rexenpr	-۳/۴۶۹۶	Rghg	-۳/۲۳۰۲	Temchng	-۳/۴۹۷۰
		Rhltemp	-۴/۸۱۵۱	Rozapmat	-۲/۸۶۸۹		

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همچنین، برای اطمینان از عدم هم‌خطی چندگانه میان متغیرهای مرتبط (بار بیماری و هزینه‌های رفاهی)، علاوه بر تفکیک آنها در مدل‌های مجزا، آزمون عامل تورم واریانس انجام شد. نتایج نشان داد که مقادیر این عامل برای تمامی متغیرها کمتر از آستانه «پنج» است؛ از این‌رو، فقدان هم‌خطی حاد تائید شده و ضرایب برآوردشده از ثبات و اعتبار لازم برخوردار است ، که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- عامل تورم واریانس

نماد متغیرها	نام متغیر*	کل کشورها		کشورهای صادرکننده مواد غذایی		کشورهای واردکننده مواد غذایی	
		مدل ۱ (الف)	مدل ۱ (ب)	مدل ۱ (الف)	مدل ۱ (ب)	مدل ۱ (الف)	مدل ۱ (ب)
		Centered VIF	Centered VIF	Centered VIF	Centered VIF	Centered VIF	Centered VIF
RHLTEMP	هزینه رفاه مرگ‌ومیر زودرس ناشی از گرما و سرمای شدید	۱/۰۱۷۸	-	۱/۱۰۶۵	-	۱/۰۵۱۹	-
TEMCHNG	تغییرات میانگین دمای سالانه	۱/۱۰۴۵	-	۱/۰۷۷۶	-	۱/۰۵۶۰	-
ROPHEXPND	مخارج فردی بهداشتی	۱/۰۴۳۷	۱/۰۲۱۲	۱/۰۷۷۷	۱/۱۱۵۲	۱/۰۷۶۲	۱/۰۱۴۸
RHLDALY	بار بیماری ناشی از گرما و سرمای شدید	۱/۰۷۳۱	–	۱/۰۷۸۴	-	۱/۰۱۲۷	-
ROPDALY	بار بیماری ناشی از ازن و ماده ذرات محیطی	-	۱/۰۶۳۵	-	۱/۲۱۰۲	-	۱/۰۴۵۰
RENTAX	مخارج حفاظت از محیط زیست	۱/۰۰۷۵	۱/۰۱۶۹	۱/۰۹۸۵	۱/۰۴۵۲	۱/۰۵۱۴	۱/۰۳۳۹
REXENPR	مالیات زیست‌محیطی	۱/۰۱۷۸	۱/۰۱۹۶	۱/۰۴۳۰	۱/۰۴۰۵	۱/۰۳۵۵	۱/۰۱۳۳
ROZAPMAT	هزینه رفاه مرگ‌ومیر زودرس ناشی از ازن و ماده ذرات	-	۱/۰۰۷۴	-	۱/۱۰۱۰	-	۱/۰۲۱۲
RGHG	انتشار آلاینده‌های سوختی	-	۱/۰۲۴۲	-	۱/۰۶۷۳	-	۱/۰۵۴۹

* همه متغیرها غیر از میانگین تغییرات دمای سالانه نرخ رشد هستند. مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از تأیید فقدان هم‌خطی حاد، ابتدا آزمون لیمر برای تمایز مدل تلفیقی از پانلی و سپس، آزمون هاسمن اجرا شد.

جدول ۸- آزمون لیمر

مدل‌ها/ بخش	آماره آزمون	درجه آزادی	احتمال	نتیجه	گروه
۱ (الف)	۱/۶۸۹	(۴۰,۳۶۳)	۰/۰۰۷۳	انتخاب پنل	کل کشورها
۱ (ب)	۱/۵۳۲	(۴۰,۳۶۳)	۰/۰۲۴۲	انتخاب پنل	کل کشورها
۱ (الف)	۱/۹۱۴	(۱۹,۱۷۴)	۰/۰۳۷۲	انتخاب پنل	صادرکننده
۱ (ب)	۱/۶۷۹	(۱۹,۱۷۴)	۰/۰۱۵۶	انتخاب پنل	صادرکننده
۱ (الف)	۱/۸۷۵	(۲۰,۱۸۳)	۰/۰۱۶۵	انتخاب پنل	واردکننده
۱ (ب)	۲/۰۹۶	(۲۰,۱۸۳)	۰/۰۰۵۷	انتخاب پنل	واردکننده

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتیجه جدول ۸، آزمون لیمر نشان می‌دهد که مقدار احتمال در همه مدل‌ها کمتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین، فرض صفر رد و وجود تفاوت‌های معنی‌دار میان کشورها تأیید می‌شود، به‌گونه‌ای که استفاده از مدل پانلی بر مدل تلفیقی ترجیح دارد.

جدول ۹- آزمون هاسمن

مدل‌ها/ بخش	آماره آزمون	درجه آزادی	احتمال	نتیجه	گروه
۱ (الف)	۱۵/۲۷۶	۶	۰/۰۱۸۲	اثرات ثابت	کل کشورها
۱ (ب)	۱۳/۴۹۷	۶	۰/۰۳۵۸	اثرات ثابت	کل کشورها
۱ (الف)	۱۷/۰۴۲	۶	۰/۰۰۹۱	اثرات ثابت	صادرکننده
۱ (ب)	۱۳/۸۰۳	۶	۰/۰۳۱۹	اثرات ثابت	صادرکننده
۱ (الف)	۱۴/۹۳۴	۶	۰/۰۲۰۸	اثرات ثابت	واردکننده
۱ (ب)	۱۶/۲۹۴	۶	۰/۰۱۲۳	اثرات ثابت	واردکننده

مأخذ: یافته‌های پژوهش

همچنین، طبق نتایج آزمون هاسمن (جدول ۸)، مقدار احتمال در تمامی موارد کمتر از ۰/۰۵ گزارش شده است؛ از این‌رو، فرض صفر رد و مدل اثرات ثابت به‌عنوان روش مناسب تخمین انتخاب می‌شود. بنابراین، پس از اعمال اصلاحات لازم، تخمین نهایی مدل‌ها در چارچوب الگوی اثرات ثابت[1]

1. fixed effects

و با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته پانلی (PEGLS) همراه با تصحیح خطاهای استاندارد پانلی (PCSE) انجام شده (Aflatounian, 2015)، که نتایج آن در جدول ۱۰ آمده است. طبق نتایج جداول، تمامی متغیرهای مستقل در سطح اطمینان نود درصد معنی‌دار هستند. انتخاب این سطح به‌منظور کاهش خطای نوع دوم و جلوگیری از نادیده‌گیری اثرات واقعی، با توجه به خطای اندازه‌گیری ذاتی در داده‌های بین‌کشوری اتخاذ شده است. همچنین، معنی‌داری کلی مدل ۱ (آماره F) و نبود خودهمبستگی (آماره دوربین– واتسون) پایایی ضرایب را برای تحلیل آثار متغیرها بر شاخص توسعه انسانی تأیید می‌کند. در ادامه، به تفسیر ضرایب متغیرها در این مدل پرداخته شده است.

جدول ۱۰- نتایج برآورد مدل ۱

کل کشورها			کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی		
شرح متغیرها	مدل ۱ (الف) ضریب (احتمال)	مدل ۱ (ب) ضریب (احتمال)	شرح متغیرها	مدل ۱ (الف) ضریب (احتمال)	مدل ۱ (ب) ضریب (احتمال)
Rhltemp	−۰/۰۰۷۶(۰/۰۷۱۱)	–	Rhltemp	−۰/۰۱۷(۰/۰۰۰۰)	–
Temchng	−۰/۱۴(۰/۰۰۰۰)	–	Temchng	−۰/۱۰۳(۰/۰۰۰۱)	–
Rophexpnd	۰/۰۰۴۴(۰/۰۴۸۵)	۰/۰۰۳۶(۰/۰۰۰۶)	Rophexpnd	۰/۰۰۶(۰/۰۱۹)	۰/۰۰۴۷(۰/۰۰۰)
Rhldaly	−۰/۰۰۷۳(۰/۰۶۰۱)	–	Rhldaly	−۰/۰۰۵۲(۰/۰۷)	-
Ropdaly	–	−۰/۰۱۲۸(۰/۰۰۰۰)	Ropdaly	-	−۰/۰۰۵۸(۰/۰۶)
Rghg	–	−۰/۰۰۶۲(۰/۰۳۳۴)	Rghg	-	−۰/۰۰۷(۰/۰۰۰۲)
Rentax	−۰/۰۰۴۹(۰/۰۰۰۵)	−۰/۰۰۷(۰/۰۰۰۰)	Rentax	−۰/۰۰۸(۰/۰۰۰)	−۰/۰۰۹(۰/۰۰۰۰)
Rozapmat	–	−۰/۰۰۴۸(۰/۰۲۶۷)	Rozapmat	–	−۰/۰۱۲(۰/۰۰۰۵)
Rexenpr	۰/۰۰۰۴(۰/۰۷۸۹)	۰/۰۰۰۳(۰/۰۴۵۴)	Rexenpr	۰/۰۰۰۶(۰/۰۸۹)	۰/۰۰۱(۰/۰۰۱۷)
C	۰/۵۸(۰/۰۰۰۰)	۰/۳۳(۰/۰۰۰۰)	C	۰/۵۱۲(۰/۰۰۰۰)	۰/۳۱۰(۰/۰۰۰۰)
F	۴/۴۹(۰/۰۰۰۰)	۴/۹۴(۰/۰۰۰۰)	F	۵/۳(۰/۰۰۰۰)	۱۰/۰۷۹(۰/۰۰۰۰)
DW	۱/۹۳	۲/۰۸	DW	۲/۰۶۷	۲/۰۶۵
کشورهای واردکننده خالص مواد غذایی					
Rhltemp	−۰/۰۱۱(۰/۰۰۰۹)	–	Rentax	−۰/۰۰۷۶(۰/۰۰۰۱)	−۰/۰۰۶۷(۰/۰۱۹۶)
Temchng	−۰/۱۱(۰/۰۰۰۰)	–	Rozapmat	-	−۰/۰۰۸۹(۰/۰۰۲)
Rophexpnd	۰/۰۰۲۲(۰/۰۳۶۴)	۰/۰۰۳۵(۰/۰۱۴۱)	Rexenpr	۰/۰۰۱۴(۰/۰۰۵۵)	۰/۰۰۱(۰/۰۲۸۶)
Rhldaly	−۰/۰۰۳۲(۰/۰۲۷۶)	–	C	۰/۵۵(۰/۰۰۰۰)	۰/۳۶(۰/۰۰۰۰)
Ropdaly		−۰/۰۰۴(۰/۰۴۴۳)	F	۵/۵۶(۰/۰۰۰۰)	۵/۳۲(۰/۰۰۰۰)
Rghg		−۰/۰۰۷(۰/۰۰۱)	DW	۱/۸۸	۲/۱۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج برآمده از تخمین مدل نشان می‌دهد که افزایش نرخ رشد هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس منتسب به گرما و سرمای شدید (Rhltemp) و ماده ذرات و ازن محیطی (Rozapmat) با یک‌روند کاهشی و فرسایشی در نرخ رشد شاخص توسعه انسانی در هر سه گروه همراه است. شواهد تجربی پیشنهاد می‌دهند که این ارتباط در کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی احتمالاً با شدت بیشتری بروز می‌کند، چراکه فعالیت‌های مولد در این جوامع، به‌ویژه در بخش کشاورزی، وابستگی مستقیم به پایداری اقلیمی دارند و تکانه‌های سلامت از توان بالا برای تبدیل به افت تولید و کاهش شتاب رفاه برخوردارند. در مقابل، به‌نظر می‌رسد که در کشورهای واردکننده، به‌دلیل تنوع اقتصادی و امکان برون‌سپاری تأمین غذا، حساسیت نرخ رشد شاخص توسعه انسانی نسبت بدین تکانه‌ها کمتر باشد. همچنین، همبستگی ضعیف‌تر در «گروه کل کشورها» تداعی‌کننده این فرضیه است که تجمیع داده‌ها بخشی از ناهمگنی‌های ساختاری میان گروه‌ها را خنثی می‌کند (Lelieveld et al., 2015). یافته‌ها حاکی از آن است که افزایش نرخ رشد بار بیماری‌های (DALYs) منتسب به گرما و سرمای شدید (Rhldaly) و آلاینده‌های جوی (Ropdaly) توان ایجاد اثرات منفی قابل توجه بر پویایی‌های توسعه را داراست. تحلیل‌ها نشان می‌دهند که آلودگی هوا، به‌دلیل ماهیت تجمعی و مزمن، احتمالاً نقشی پررنگ‌تر در استهلاک تدریجی سرمایه انسانی و تقلیل نرخ رشد شاخص توسعه انسانی ایفا می‌کند. در مواجهه با مخاطرات اقلیمی، بیشترین افت در «گروه کل کشورها» مشاهده می‌شود، در حالی که واردکنندگان، احتمالاً با تکیه بر واردات خدمات سلامت، شواهدی از آسیب‌پذیری کمتر را نشان می‌دهند. با این همه، به‌نظر می‌رسد که در هر دو بعد (بلایای دمایی و آلودگی)، صادرکنندگان نسبت به واردکنندگان مواد غذایی توان آسیب‌پذیری بالاتر داشته باشند، زیرا نیروی کار آنها به‌صورت ساختاری بیشتر در معرض مخاطرات محیطی است (Zhao et al., 2024)؛ بر اساس خروجی‌های مدل، افزایش تغییرات دما (Temchng) و نرخ رشد انتشار آلاینده‌های فسیلی (Rghg) در هر سه گروه با کاهش نرخ رشد شاخص توسعه انسانی پیوند خورده است. در خصوص تکانه‌های دمایی (گرما و سرمای شدید)، شواهد از بیشترین همبستگی منفی در «گروه کل کشورها» حکایت دارند. به‌نظر می‌رسد که واردکنندگان مواد غذایی، به‌دلیل وابستگی به زنجیره تأمین جهانی، نسبت به صادرکنندگان (که تولید داخلی آنها نقش ضربه‌گیر را ایفا می‌کند)، توان آسیب‌پذیری بیشتر در نرخ رشد رفاه داشته باشند (Lobell & Gourdji, 2012)؛ در مقابل، همگنی نسبی ضرایب در بخش آلاینده‌ها پیشنهاد می‌دهد که فرسایش مزمن سلامت ناشی از آلودگی، فارغ از ساختار تجاری، یک تهدید فراگیر برای نرخ رشد شاخص توسعه انسانی است. از این‌رو، نتایج پژوهش

تداعی‌کننده ضرورتِ تمایز میان راهبردهای «تاب‌آوری زنجیره غذا» برای واردکنندگان و «سازگاری اقلیمی تولید» برای صادرکنندگان مواد غذایی است (IPCC, 2023; Gasparrini et al., 2015). یافته‌های مدل نشان‌دهنده آن است که افزایش نرخ رشد هزینه‌های حفاظت محیط زیست (Rexenpr) واجد یک ارتباط مثبت اما محدود با نرخ رشد شاخص توسعه انسانی است؛ این موضوع احتمالاً بازتابی از ماهیت بلندمدت و پیشگیرانه این مخارج است. تحلیل‌ها پیشنهاد می‌دهند که این توان مثبت در کشورهای واردکننده خالص مواد غذایی قوی‌تر است، زیرا تعدیل آسیب‌پذیری‌های ساختاری در این کشورها بازده رفاهیِ سیاست‌های حفاظتی را به‌گونه‌ای محسوس‌تر نمایان می‌کند. در مقابل، در کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی، به‌دلیل وجود زیرساخت‌های تولیدی که بخشی از تکانه‌ها را جذب می‌کنند، ظاهراً این مخارج اثری ملایم‌تر بر شتاب رشد شاخص یادشده دارد (Onofrei et al., 2022)؛ نتایج مدل تداعی‌کننده این فرضیه است که افزایش نرخ رشد مالیات‌های زیست‌محیطی (Rentax) از مسیر افزایش هزینه‌های تولید و انرژی، توان ایجاد یک فشار محدود و کوتاه‌مدت بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی را دارد. در بعد مخاطرات مربوط به گرما و سرمای شدید، این فشار در دو گروه کشورهای واردکننده و صادرکننده خالص مواد غذایی بیش از «گروه کل کشورها» ارزیابی می‌شود؛ اما در بعد آلودگی، به‌نظر می‌رسد که بیشترین اصطکاک متوجه صادرکنندگان مواد غذایی باشد، چراکه در این کشورها، بخش کشاورزی صادرات‌محور به نهاده‌های مشمول مالیات وابستگی بالا دارد. در مقابل، واردکنندگان مواد غذایی، به‌دلیل ساختار غالباً مصرف‌محور، احتمالاً تکانه‌های مالیاتی را با سهولت بیشتری در فرآیند رشد رفاه خود هضم می‌کنند (Bento et al., 2009). سرانجام، یافته‌های پژوهش مؤید آن است که افزایش نرخ رشد هزینه‌های فردی بهداشتی (Rophexpnd) در هر دو بعد (بلایا و آلودگی) با بهبود نرخ رشد شاخص توسعه انسانی همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. شواهد پیشنهاد می‌دهند که سرمایه‌گذاری خانوار در سلامت، به‌طور مستقیم، توان مقابله با تکانه‌های ناشی از گرما و سرمای شدید را تقویت می‌کند. این ارتباط در کشورهای صادرکننده قوی‌تر ارزیابی می‌شود که احتمالاً با توان مالی و پوشش بیمه‌ای بالاتر در این گروه مرتبط است، در حالی که در کشورهای واردکننده، ظاهراً فشار هزینه‌ای ناشی از وابستگی غذایی توان اثرگذاریِ این مخارج بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی را تا حدی محدود می‌سازد (Pakdaman et al., 2019; Banik et al., 2023).

یافته‌های حاصل از برآورد مدل پژوهش حاکی از آن است که مخاطرات محیطی و سلامت‌محور از مسیرهای متفاوت، اما مکمل، با نرخ رشد شاخص توسعه انسانی ارتباط دارند و شدت

این ارتباط در میان گروه‌های مورد بررسی یکسان نیست. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای مرتبط با هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس و بار بیماری منتسب به گرما و سرمای شدید و آلودگی محیط زیست، در هر سه گروه، با نرخ رشد شاخص توسعه انسانی ارتباط منفی و معنی‌دار دارند؛ با این همه، شدت این ارتباط میان گروه‌ها متفاوت است. در خصوص هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس، بیشترین شدت اثر منفی در کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی و سپس، واردکنندگان و در نهایت، کل کشورهای توسعه‌یافته مشاهده شد، الگویی که احتمالاً بازتاب وابستگی بیشتر فعالیت‌های تولیدی این کشورها به شرایط اقلیمی و حساسیت بالاتر سرمایه انسانی نسبت به اختلالات محیطی است. در مقابل، در متغیرهای مرتبط با بار بیماری، بیشترین اثر منفی در کل کشورهای توسعه‌یافته و سپس، کشورهای صادرکننده و در نهایت، کشورهای واردکننده خالص مواد غذایی مشاهده شد، که می‌تواند بیانگر تفاوت در ماهیت اثرگذاری بیماری‌های محیطی و ظرفیت نظام‌های سلامت در مدیریت پیامدهای آن باشد (Manisalidis et al., 2020). همچنین، افزایش تغییرات میانگین دمای سالانه و نرخ رشد انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در هر سه گروه با کاهش نرخ رشد شاخص توسعه انسانی همراه بود. در خصوص تغییرات دمایی، شدت این ارتباط در کل کشورهای توسعه‌یافته بیش از دو گروه دیگر برآورد شد، در حالی که ضرایب مربوط به انتشار آلاینده‌ها در سه گروه از الگویی نسبتاً مشابه برخوردار بودند، موضوعی که می‌تواند بیانگر فراگیر بودن آثار تجمعی آلودگی هوا بر سرمایه انسانی (صرف‌نظر از ساختار تجاری کشورها) باشد. از سوی دیگر، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که افزایش نرخ رشد هزینه‌های حفاظت از محیط زیست و هزینه‌های فردی بهداشتی با نرخ رشد شاخص توسعه انسانی ارتباط مثبت دارد، در حالی که نرخ رشد مالیات‌های زیست‌محیطی در کوتاه‌مدت با ارتباط منفی همراه است. این الگو نشان می‌دهد که ابزارهای سرمایه‌گذاری در سلامت و حفاظت از محیط زیست می‌توانند بخشی از پیامدهای منفی مخاطرات محیطی را تعدیل کنند، گرچه آثار سیاست‌های مالیاتی ممکن است در افق زمانی کوتاه‌مدت، با افزایش هزینه‌های تولید و معیشت همراه باشد (Meierrieks, 2021). در مجموع، یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که شدت ارتباط میان مخاطرات محیطی و نرخ رشد شاخص توسعه انسانی، علاوه بر ماهیت تکانه‌های سلامت‌محور، به تفاوت‌های ساختاری میان کشورهای صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی نیز وابسته است. همچنین، تفاوت ضرایب میان گروه‌ها نشان می‌دهد که تحلیل مبتنی بر کل نمونه ممکن است بخشی از ناهمگنی‌های ساختاری را پنهان سازد؛ از این‌رو،

با تفکیک کشورها بر اساس ساختار تجارت مواد غذایی، می‌توان به درک دقیق‌تر سازوکارهای اثرگذاری مخاطرات محیطی بر توسعه انسانی دست یافت.

جمع‌بندی و پیشنهادها

یافته‌های حاصل از برآورد مدل پژوهش دلالت‌های سیاستی روشن برای مدیریت تأثیررات سلامت‌محور مخاطرات محیطی بر نرخ رشد شاخص توسعه انسانی ارائه می‌دهد. از آنجا که بیشترین اثر منفی هزینه‌های رفاهی ناشی از مرگ‌ومیرهای زودرس منتسب به گرما و سرمای شدید و آلودگی محیط زیست در کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی مشاهده شد، به‌نظر می‌رسد که باید اولویت سیاستی این کشورها بر کاهش آسیب‌پذیری نیروی کار و فعالیت‌های تولیدی در برابر مخاطرات اقلیمی متمرکز باشد. در این راستا، با توسعه نظام‌های بیمه سلامت و بیمه‌های مبتنی بر شاخص‌های اقلیمی، گسترش برنامه‌های پیشگیری و مراقبت سلامت و سرمایه‌گذاری در اقدامات سازگاری بخش کشاورزی با تنش‌های دمایی، می‌توان از انتقال تکانه‌های محیطی به کاهش سرمایه انسانی و افت نرخ رشد توسعه انسانی جلوگیری کرد. در مقابل، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در کشورهای واردکننده خالص مواد غذایی، هزینه‌های حفاظت از محیط زیست ارتباط مثبت قوی‌تر با نرخ رشد شاخص توسعه انسانی دارد. از این‌رو، افزایش سرمایه‌گذاری در مهار آلودگی هوا، توسعه زیرساخت‌های زیست‌محیطی، بهبود کیفیت محیط شهری و اجرای برنامه‌های پیشگیرانه کاهش آلاینده‌ها می‌تواند بازده بیشتری در ارتقای سلامت عمومی و توسعه انسانی این کشورها به‌همراه داشته باشد. همچنین، با توجه به وابستگی بیشتر این کشورها به بازارهای جهانی غذا، تقویت امنیت زنجیره تأمین و تنوع‌بخشی به منابع واردات مواد غذایی می‌تواند بخشی از آسیب‌پذیری ناشی از تکانه‌های محیطی را کاهش دهد. از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهد که افزایش مالیات‌های زیست‌محیطی، دست‌کم در کوتاه‌مدت، با کاهش نرخ رشد شاخص توسعه انسانی همراه است، موضوعی که به‌ویژه در کشورهای صادرکننده خالص مواد غذایی شدت بیشتری دارد. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود که درآمدهای حاصل از مالیات‌های زیست‌محیطی در قالب سازوکار «بازچرخانی درآمدهای مالیات سبز» مجدداً به بخش سلامت عمومی، حفاظت از محیط زیست و حمایت از بخش‌های تولیدی آسیب‌پذیر اختصاص یابد تا ضمن حفظ اهداف زیست‌محیطی، آثار رفاهی کوتاه‌مدت این سیاست نیز تعدیل شود. همچنین، ارتباط مثبت هزینه‌های فردی بهداشتی با نرخ رشد شاخص توسعه انسانی نشان می‌دهد که ارتقای دسترسی خانوارها به خدمات سلامت و کاهش هزینه‌های مستقیم درمان می‌تواند تاب‌آوری سرمایه انسانی در برابر مخاطرات محیطی را افزایش

دهد؛ بنابراین، گسترش پوشش بیمه‌ای، تقویت خدمات پیشگیری و تشخیص زودهنگام بیماری‌های مرتبط با آلودگی هوا و تنش‌های حرارتی، به‌ویژه در مناطق آسیب‌پذیر، می‌تواند یکی از مؤثرترین ابزارهای سیاستی برای کاهش آثار منفی این مخاطرات بر توسعه انسانی باشد. در مجموع، یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که یک سیاست واحد برای تمامی کشورها کارآیی یکسان نخواهد داشت. تفاوت ضرایب میان کشورهای صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی نشان می‌دهد که باید طراحی سیاست‌های زیست‌محیطی و سلامت متناسب با ساختار اقتصادی و تجاری هر گروه انجام شود، به‌گونه‌ای که در کشورهای صادرکننده، تمرکز اصلی بر افزایش تاب‌آوری بخش‌های تولیدی و سرمایه انسانی و در کشورهای واردکننده، بر تقویت کیفیت محیط زیست، سلامت عمومی و امنیت زنجیره تأمین مواد غذایی باشد. اگرچه جامعه آماری پژوهش حاضر محدود به کشورهای توسعه‌یافته و زیرگروه‌های صادرکننده و واردکننده خالص مواد غذایی بوده است، اما سازوکارهای نظری و الگوهای آماری مشاهده‌شده می‌توانند در تبیین چالش‌های مشابه در کشورهایی مانند ایران نیز قابل استفاده باشند. با این همه، تعمیم کمی نتایج پژوهش حاضر به سایر کشورها مستلزم انجام مطالعات مستقل با استفاده از داده‌ها و ویژگی‌های ساختاری همان کشورهاست. با توجه به مواجهه ایران با چالش‌هایی نظیر آلودگی هوا، وقوع مکرر تنش‌های حرارتی، وابستگی گسترده به انرژی‌های فسیلی و محدودیت‌های منابع آب، توجه هم‌زمان به سیاست‌های سلامت‌محور و زیست‌محیطی، تقویت سرمایه انسانی و افزایش تاب‌آوری نظام سلامت می‌تواند در کاهش آثار منفی مخاطرات محیطی بر توسعه انسانی نقش مؤثر ایفا کند. همچنین، با سرمایه‌گذاری در حفاظت از محیط زیست، ارتقای خدمات سلامت و اتخاذ سیاست‌های سازگار با شرایط اقلیمی کشور، می‌توان به بهبود پایداری توسعه انسانی و افزایش تاب‌آوری اقتصادی در برابر تکانه‌های محیطی کمک کرد.

منابع

1. Adger, W. N. (2010). Climate change, human well-being and insecurity. *Global Environmental Change*, 20(3), 355-367. DOI: 10.1080/13563460903290912.
2. Aflatounian, A. (2015). Statistical analysis with EViews in accounting and financial management research. Termeh Publications, Tehran.
3. Akram, A., Jamil, F., & Alvi, S. (2022). The effects of natural disasters on human development in developing and developed countries. *International*

Journal of Global Warming, 30(1), 155-172. DOI: 10.1504/IJGW.2022.123279.

4. Anele, C. R., Hirakata, V. N., Goldani, M. Z., et al. (2021). The influence of the municipal human development index and maternal education on infant mortality: an investigation in a retrospective cohort study in the extreme south of Brazil. *BMC Public Health*, 21, 194. DOI: 10.1186/s12889-021-10226-9.
5. Azam, A., Rafiq, M., & Shafique, M. (2021). Human development index, ICT, and renewable energy: growth nexus for sustainable development. *Frontiers in Energy Research*, 9, Article 760758. DOI: 10.3389/fenrg.2021.760758.
6. Banik, B., Kumar, C., & Hossain, R. (2023). Healthcare expenditure, good governance and human development. *EconomiA*, Emerald Group Publishing Limited, 24(1), 1-23. DOI: 10.1108/ECON-06-2022-0072.
7. Bardi, U., & Pierini, V. (2013). Declining trends of healthy life years expectancy (HLYE) in Europe. DOI: 10.48550/arXiv.1311.3799.
8. Beck, N., & Katz, J. N. (1995). What to do (and not to do) with time-series cross-section data. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647. DOI: 10.2307/2082979.
9. Bento, A. M., Goulder, L. H., Jacobsen, M. R., & von Haefen, R. H. (2009). Distributional and efficiency impacts of increased U.S. gasoline taxes. *American Economic Review*, 99(3), 667-699. DOI: 10.1257/aer.99.3.667.
10. Bloom, D. E., & Canning, D. (2008). Population health and economic growth. Commission on Growth and Development Working Paper No. 24. The World Bank. DOI: 10.1596/1813-9450-4878.
11. FAO (2023). The state of food security and nutrition in the world 2020: transforming food systems for affordable healthy diets. Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy. DOI: 10.4060/ca9692en.
12. Garcia-Perez, M., Rodriguez-Gonzalez, P., & Kumar, S. (2024). Environmental protection, natural disasters, and human development:

evidence from OECD countries. *Sustainable Development*, 32(1), 450-465. DOI: 10.1002/sd.2662.

13. Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., … & Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386(9991), 369-375. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62114-0.
14. Greene, W. H. (2018). Econometric analysis. 8th Edition. Pearson.
15. Habibi, F., Azizi, V., Manochehri, S., & Ali Moradi Afshar, P. (2024). Natural disasters, globalization, financial development and income inequality in Iran. *Program and Development Research*, 4(4), 7-42. DOI: 10.22034/pbr.2024.198799. [In Persian]
16. IPCC (2023). Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press. Available at https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf.
17. Kazemi, E., Salehi, M., Azizmohammad Looha, M., Zayeri, F., & Vahabi, N. (2021). Trend analysis of disability-adjusted life years due to cardiovascular diseases: results from the Global Burden of Disease Study 2019. *BMC Public Health*, 21(1), 1-12. DOI: 10.1186/s12889-021-11348-w. [In Persian]
18. Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., & Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525(7569), 367-371. DOI: 10.1038/nature15371.
19. Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology*, 160(4), 1686-1697. DOI: 10.1104/pp.112.208298.
20. Magida, N., Ncanywa, T., Sibanda, K., & Asaleye, A. J. (2025). Human capital development and public health expenditure: assessing the long-term sustainability of economic development models. *Social Sciences*, 14(6), 351. DOI: 10.3390/socsci14060351.

21. Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in Public Health*, 8, 14. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00014.
22. Maryanaji, Z., & Vejdani Nozar, A. (2021). The effects of climatic hazards on agricultural activities (bean cultivation) of villagers in Azna County. *Space Economy and Rural Development*, 9(34), 239-257. DOR: 20.1001.1.23222131.1399.9.34.12.1. [In Persian]
23. Meierrieks, D. (2021). Weather shocks, climate change and human health. *World Development*, 138, 105228. DOI: 10.1016/j.worlddev.2020.105228.
24. Murray, C. J. L., & Lopez, A. D. (1996). The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Harvard School of Public Health, Boston.
25. Naddafi, K., Mesdaghinia, A., Abtahi, M., Hassanvand, M. S., & Saeedi, R. (2019). A review of studies on burden of disease attributable to environmental risk factors in Iran: achievements, limitations and future plans. *Iranian Journal of Health and Environment*, 12(2), 143-158. Available at http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6257-fa.html. [In Persian]
26. OECD (2012). Mortality risk valuation in environment, health and transport policies. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris, France. DOI: 10.1787/9789264130807-en.
27. Onofrei, M., Vatamanu, A. F., & Cigu, E. (2022). The relationship between economic growth and CO_2 emissions in EU countries: a cointegration analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 934885. DOI: 10.3389/fenvs.2022.934885.
28. Owusu, P. A., & Sarkodie, S. A. (2020). Global estimation of mortality, disability-adjusted life years and welfare cost from exposure to ambient air pollution. *Science of the Total Environment*, 742, 140636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140636.
29. Pakdaman, M., Askari, R., Jam Baresang, S., Ranjbar, M., & Ameli, E. (2019). The effect of health expenditures on HDI in Iran, 2001-2014. *Qom*

University of Medical Sciences Journal, 13(10), 26-33. DOI: 10.29252/qums.13.10.26. [In Persian]

30. Pendar, M., Bahrami, S., & Pourasghar Sangachin, F. (2020). Analysis and explanation of the correlation between the Human Development Index and the Sustainable Development Index and their comparison in Iran. *Environmental Education and Sustainable Development Quarterly*, 9(1), 109-132. DOI: 10.30473/ee.2020.7231. [In Persian]
31. Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312. DOI: 10.1002/jae.951.
32. Pozzer, A., Anenberg, S. C., Dey, S., Haines, A., Lelieveld, J., & Chowdhury, S. (2023). Mortality attributable to ambient air pollution: a review of global estimates. *GeoHealth,* 7(1), e2022GH000711. DOI: 10.1029/2022GH000711.
33. Smith, P. C., Mossialos, E., Papanicolas, I., & Leatherman, S. (2022). Performance measurement for health system improvement: experiences, challenges and prospects. *Health Economics, Policy and Law*, 17(1), 1-15. DOI: 10.1017/S1744133121000455.
34. UNDP (2023). Human development report 2021/2022. United Nations Development Programme (UNDP). NewYork, USA.
35. WHO (2021). Air pollution and health. World Health Organization (WHO). Geneva, Switzerland. Available at https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
36. Zhao, Q., Li, S., Ye, T., Wu, Y., Gasparrini, A., Tong, S,, et al. (2024). Global, regional, and national burden of heatwave-related mortality from 1990 to 2019: a three-stage modelling study. *PLoS Medicine*, 21(5), e1004364. DOI: 10.1371/journal.pmed.1004364.